

05.7.2004

日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載された事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2004年 5月21日

出願番号  
Application Number: 特願2004-152063

[ST. 10/C]: [JP2004-152063]

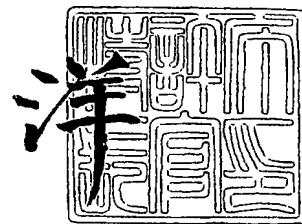
出願人  
Applicant(s): 東洋通信機株式会社

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

2004年 8月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

八 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 TY04011  
【あて先】 特許庁長官殿  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号  
東洋通信機株式会社内  
【氏名】 渡辺 潤  
【特許出願人】  
【識別番号】 000003104  
【氏名又は名称】 東洋通信機株式会社  
【代表者】 吉川 英一  
【代理人】  
【識別番号】 100085660  
【氏名又は名称】 鈴木 均  
【電話番号】 03-3380-7533  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2003-191066  
【出願日】 平成15年 7月 3日  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 060613  
【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9000067

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項1】**

絶縁材料から成る底板と、該底板の面上に順次積層された下部電極膜及び誘電体膜と、該誘電体膜と対向する位置に薄肉部を備えるとともに底板の面上に固定された検出片と、該薄肉部の少なくとも一部に形成され且つ下部電極膜と対向する位置関係にある上部電極膜と、を備え、該上部電極膜と該誘電体膜との間に微小ギャップの空間を備えた圧力センサにおいて、

前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする水晶式圧力センサ。

**【請求項2】**

絶縁材料から成る底板と、該底板の面上に積層された下部電極膜と、該下部電極膜と対向する位置に薄肉部を備えるとともに底板の面上に固定された検出片と、該薄肉部の少なくとも一部に形成され且つ下部電極膜と対向する位置関係にある上部電極膜と、を備え、該上部電極膜と該下部電極膜との間に微小ギャップの空間を備えた圧力センサにおいて、

前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする水晶式圧力センサ。

**【請求項3】**

前記気密空間は、少なくとも前記検出片下面の一部に形成した凹陥部、或いは前記底板の面上に形成した凹所によって形成されることを特徴とする請求項1又は2に記載の水晶式圧力センサ。

**【請求項4】**

絶縁材料から成る底板の面上に順次積層された下部電極膜及び誘電体膜と、薄肉部及び該薄肉部を包囲する厚肉部から成る検出片と、該検出片の薄肉部下面の少なくとも一部に形成された上部電極膜と、を備え、該検出片の厚肉部下面を底板面上に密着固定することにより薄肉部と底板との間に微小ギャップの気密空間を形成した圧力センサにおいて、

前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする水晶式圧力センサ。

**【請求項5】**

前記底板は、水晶材料から成ることを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の水晶式圧力センサ。

**【請求項6】**

下部電極膜を兼ねる導体から成る底板の面上に積層された誘電体膜と、薄肉部及び該薄肉部を包囲する厚肉部から成る検出片と、該検出片の薄肉部の下面又は上面の少なくとも一部に形成された上部電極膜と、を備え、該検出片の厚肉部下面を底板面上に密着固定することにより薄肉部と底板との間に微小ギャップから成る気密空間を形成した圧力センサにおいて、

前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする水晶式圧力センサ。

**【請求項7】**

請求項1乃至6の何れか一項に記載の検出片は、薄肉部の平坦面側主面を底板面と対向配置されていることを特徴とする水晶式圧力センサ。

**【請求項8】**

前記検出片は、水晶板をエッチングにより薄く加工することによって薄肉部を形成したものであることを特徴とする請求項1乃至7の何れか一項に記載の水晶式圧力センサ。

**【請求項9】**

前記検出片と前記底板とが同一種類の水晶材料から成り、検出片と底板の結晶軸を一致させるように底板上に検出片を接合したことを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の水晶式圧力センサ。

**【請求項10】**

前記水晶式圧力センサは、タッチモード式であることを特徴とする請求項1乃至9の何れか一項に記載の水晶式圧力センサ。

**【請求項11】**

非測定時に、前記検出片の薄肉部、或いは上部電極膜は、前記誘電体膜、或いは底板面に接触した状態にあることを特徴とする請求項1乃至10の何れか一項に記載の水晶式圧

力センサ。

【請求項12】

前記気密空間は、真空状態であることを特徴とする請求項11に記載の水晶式圧力センサ。

【請求項13】

前記検出片は、板厚調整によって共振周波数を制御することができるカットアングルを有した水晶材料から構成されることを特徴とする請求項1乃至12の何れか一項に記載の水晶式圧力センサ。

【請求項14】

請求項13に記載の水晶材料は、厚味すべり振動モード、或いは厚味縦モードを有する水晶材料から成ることを特徴とする水晶式圧力センサ。

【請求項15】

前記検出片は、ATカット水晶板から構成されていることを特徴とする請求項1乃至14の何れか一項に記載の水晶式圧力センサ。

【請求項16】

請求項13乃至請求項15の何れか一項に記載の水晶式圧力センサの製造方法であって、前記薄肉部の厚さを周波数換算して確認する工程を備えたことを特徴とする水晶式圧力センサの製造方法。

【請求項17】

前記水晶式圧力センサは、検出片を構成する水晶板として、水晶板面の法線が水晶結晶Z軸方向にほぼ一致するカットアングルの水晶板を使用したタッチモード式圧力センサであることを特徴とする請求項10乃至12の何れか一項に記載の水晶式圧力センサ。

【書類名】明細書

【発明の名称】水晶式圧力センサ、及びその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は圧力センサの改良に関し、従来シリコン材料から構成されていた検出片を水晶板にて構成することにより、信頼性を高めることを可能とした水晶式圧力センサ、及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車等の車両に装備されるタイヤの空気圧を圧力センサにより検出して異常発生時に警告を発するタイヤ圧モニタリングシステムが従来から知られている。

自動車等のゴムタイヤ内に装備されて空気圧を測定する空気圧センサとして、特開2001-174357公報には、セラミクスから成るダイヤフラムとセラミクスから成るベースとを接合し、両者間に形成される隙間内の静電容量変化を圧力に変換する技術が開示されている。しかし、セラミクスを検出片として使用した空気圧センサは、検出精度の点で問題があり改善が望まれている。

このような不具合を有さない空気圧センサとして、最近では図7に示すようにシリコン(Si)から成る検出片を用いたタッチモード容量型圧力センサが注目されている。この圧力センサは、ガラス板100上に電極膜101、誘電体薄膜102、電極膜103、及びシリコン製の検出片104を組み付けた構成を備えている。この圧力センサは、圧力によって検出片104の薄肉部(ダイヤフラム)104aが変形して誘電体薄膜102に直接接触することによって生じる静電容量変化を圧力検出に利用している。この種の空気圧センサは、例えば電気学会論文誌E. 123巻、2003年「タイヤ圧モニタリングシステム用タッチモード容量型圧力センサ」に開示されている。

【特許文献1】特開2001-174357公報

【非特許文献1】電気学会論文誌E. 123巻、2003年「タイヤ圧モニタリングシステム用タッチモード容量型圧力センサ」

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

シリコン製の検出片を用いた空気圧センサにあっては、シリコンウェハのダイヤフラム104aの肉厚を $3\mu m$ 程度までエッティングによって薄く加工する必要があるばかりでなく、ダイヤフラム104aと誘電体薄膜102との間のギャップを $3\mu m$ 程度の極小寸法に設定する必要がある。

上記公報にも記載されているように、ダイヤフラム104aを形成する手順は、シリコンウェハの一方の面に対してボロンをドープし、ウェハの他方の面からエッティングを施すとエッティングが進行して、ボロンをドープした層に達すると、エッティングが停止する。つまり、ボロンをドープしたことにより形成された改質層の厚味がダイヤフラムの厚味となる。しかし、ボロンのドープ層の厚さ、即ちダイヤフラム104aの厚さは、例えばボロンのドーピング時間を管理することで制御せざるを得ず、その為、製造条件等のばらつきの影響によるボロンのドーピングスピードの変化が生じた場合であっても、これを考慮した制御ができないために固体間での差が大きなものとなってしまい、その結果として、空気圧センサとしての製造ばらつきが大きくなる。また、シリコン材料はQ値が高くないため、弾性変形の繰り返し再現性の点でも問題である。これを更に詳述すると、ダイヤフラム式圧力センサの場合、ダイヤフラムが撓むことにより静電容量が変化するため、固体間で静電容量の変化量を均一にするには、ダイヤフラムの撓み特性を均一にするようダイヤフラムを加工する際に高精度な厚さ制御が欠かせない。

更に、タッチモード式容量型圧力センサの場合は、底板と接触するダイヤフラムの可動部に応力が集中して発生するため、センサ精度のみならず所望のレベルの機械的強度を保つ為にもダイヤフラムを加工する際のより高精度な厚さ制御が欠かせない。

この点において、特にシリコンを使用したタッチモード容量型圧力センサの場合には、加工中の正確な厚さ計測、及びコントロールが不可能であるから、ダイヤフラムの厚味差が固体間で大きくなり、結果的に歩留まりの悪化、小型化に限界等の問題が生じる。即ち、圧力センサの小型化を進める場合には、ダイヤフラムの可動部の面積が減少する一方で、圧力感度特性を維持する必要があるから、ダイヤフラムの可動部の薄型化が必要となり、より高いダイヤフラムの加工精度が必要となる。

本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、タッチモード容量型圧力センサにおいて、従来、検出片を構成する素材として利用されたことが無く、しかもその有用性を当業者さえ気づくことがなかった素材である水晶（特に、A Tカット）を圧力センサの検出片として利用することにより、シリコン製の検出片を用いた圧力センサの欠点であったエッティング精度が低いことによるダイヤフラムの厚みコントロールの困難化、それによる検出精度の低下、及び弾性変形における繰り返し再現性の悪さ、を夫々解消することができる水晶式圧力センサを提供することを目的としている。

#### 【課題を解決するための手段】

##### 【0004】

上記課題を解決するため、請求項1の発明は、絶縁材料から成る底板と、該底板の面上に順次積層された下部電極膜及び誘電体膜と、該誘電体膜と対向する位置に薄肉部を備えるとともに底板の面上に固定された検出片と、該薄肉部の少なくとも一部に形成され且つ下部電極膜と対向する位置関係にある上部電極膜と、を備え、該上部電極膜と該誘電体膜との間に微小ギャップの気密空間を備えた圧力センサにおいて、前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする。

本発明では、検出片の材料として、従来使用されていたシリコンに代えて、水晶を使用しているため、次のような優位性を有している。即ち、水晶はシリコンに比べて物性的に安定した素材であり、経年変化が少なく、機械変形による再現性が高い（ヒステリシスが少ない）。また、水晶によれば、ダイヤフラムとしての薄肉部10aの肉厚を厳密に管理することが容易であり、個片毎に薄肉部の肉厚差のない均一板厚のダイヤフラムを得ることができる。

請求項2の発明は、絶縁材料から成る底板と、該底板の面上に積層された下部電極膜と、該下部電極膜と対向する位置に薄肉部を備えるとともに底板の面上に固定された検出片と、該薄肉部の少なくとも一部に形成され且つ下部電極膜と対向する位置関係にある上部電極膜と、を備え、該上部電極膜と該下部電極膜との間に微小ギャップの気密空間を備えた圧力センサにおいて、前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする。

誘電体膜を用いずに本発明の圧力センサを構成することもできる。この場合には、検出片を構成する水晶の薄肉部が誘電体膜とダイヤフラムを兼ねることとなる。

請求項3の発明は、請求項1又は2において、前記気密空間は、前記検出片下面の一部に形成した凹陥部、或いは前記絶縁板の面上に形成した凹所によって形成されることを特徴とする。

気密空間は、薄肉部と底板との間に形成される微小ギャップであるが、この気密空間は検出片下面に形成した凹陥部、或いは底板に形成した凹所によって形成することができる。

##### 【0005】

請求項4の発明は、絶縁材料から成る底板の面上に順次積層された下部電極膜及び誘電体膜と、薄肉部及び該薄肉部を包囲する厚肉部から成る検出片と、該検出片の薄肉部下面の少なくとも一部に形成された上部電極膜と、を備え、該検出片の厚肉部下面を上部電極膜を介して底板面上に密着固定することにより薄肉部と底板との間に微小ギャップの気密空間を形成した圧力センサにおいて、前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする。

請求項5の発明は、請求項1乃至4において、前記底板は、水晶材料から成ることを特徴とする。

請求項6の発明は、下部電極膜を兼ねる導体から成る底板の面上に積層された誘電体膜

と、薄肉部及び該薄肉部を包囲する厚肉部から成る検出片と、該検出片の薄肉部の下面又は上面の少なくとも一部に形成された上部電極膜と、を備え、該検出片の厚肉部下面を底板面上に密着固定することにより薄肉部と底板との間に微小ギャップから成る気密空間を形成した圧力センサにおいて、前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする。

底板を導体にて構成することにより、下部電極膜を省略してもよい。

請求項7の発明では、請求項1乃至6の何れか一項に記載の検出片は、薄肉部の平坦面側主面を底板面と対向配置されていることを特徴とする。

検出片の一方の主面が平坦面で、他方の主面が非平坦面である場合、平坦面側を底板上面と対向させることにより気密空間を形成することが容易となる。

#### 【0006】

請求項8の発明では、請求項1乃至7において、前記検出片は、水晶板をエッチングにより薄く加工することによって薄肉部を形成したものであることを特徴とする。

水晶材料の加工においては、エッチングによって肉厚を微細にコントロールすることが可能である。

請求項9の発明は、請求項1乃至8において、前記検出片と前記底板とが同一種類の水晶材料から成り、検出片と底板の結晶軸を一致させるように底板上に検出片を接合したことを特徴とする。

使用材料のみならず、結晶軸までも一致させることにより温度変化に対する特性を厳密に一致させることが可能となる。

請求項10の発明は、請求項1乃至9において、前記水晶式圧力センサは、タッチモード容量型圧力センサであることを特徴とする。

シリコン等の半導体材料に比して、水晶は、肉厚の加工精度が極めて高く、所望の肉厚を有した検出片の製造が可能である。このため、薄肉部の厚さ精度が高くする必要性のあるタッチモード容量型圧力センサにおいて水晶材料は優れた利便を提供する。

請求項11の発明は、請求項1乃至10において、非測定時に、前記検出片の薄肉部、或いは上部電極膜は、前記誘電体膜、或いは底板面に接触した状態にあることを特徴とする。

タッチモード容量型圧力センサにおいて、非測定時に薄肉部が底板側から離間している場合には、初期の測定状態にはらつきが発生するが、当初から接触させていれば、測定当初から安定した精度で測定ができる。

請求項12の発明は、請求項11において、前記気密空間は、真空状態であることを特徴とする。

気密空間内に空気が存在しない真空状態の方が、熱による気体の膨張などによる悪影響を解消できる。

#### 【0007】

請求項13の発明は、請求項1乃至12において、前記検出片は、板厚調整によって共振周波数を制御することができるカットアングルを有した水晶材料から構成されることを特徴とする。

薄肉部の固有の振動周波数に基づいて、その肉厚を正確に測定することができるので、加工精度を向上し、歩留まりを高めることができる。

請求項14の発明では、請求項13に記載の水晶材料は、厚味すべり振動モード、或いは厚味縦モードを有する水晶材料から成ることを特徴とする。

請求項7に記載された水晶材料の例として、厚味すべり振動モード、或いは厚味縦モードを有する水晶材料を例示することができる。

請求項15の発明は、請求項1乃至14において、前記検出片は、ATカット水晶板から構成されていることを特徴とする。

ATカット水晶板は、ウエットエッチング等により加工した場合に、可動部に厚味差が生じるが、薄肉部の厚味を周波数換算することにより制御できるので便利である。

請求項16の発明は、請求項13乃至15の何れか一項に記載の水晶式圧力センサの製造方法であって、前記薄肉部の厚さを周波数換算して確認する工程を備えたことを特徴と

する。

請求項17の発明は、請求項10乃至12において、検出片を構成する水晶板として、水晶板面の法線が水晶結晶Z軸方向にほぼ一致するカットアングルの水晶板を使用したタッチモード式圧力センサであることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

##### 【0008】

本発明によれば、容量型圧力センサにおいて、従来、検出片を構成する素材として利用されたことが無く、しかもその有用性を当業者さえ気づくことがなかった素材である水晶（特に、ATカット）を圧力センサの検出片として利用することにより、シリコン製の検出片を用いた圧力センサの欠点であったダイヤフラムの厚みコントロールの困難化、それによる検出精度の低下、及び弹性変形における繰り返し再現性の悪さ、を夫々解消することができる水晶式圧力センサを提供することができる。

即ち、請求項1、4、5の発明では、検出片の材料として、従来使用されていたシリコンに代えて、水晶を使用しているため、次のような優位性を有している。即ち、水晶はシリコンに比べて物性的に安定した素材であり、経年変化が少なく、機械変形による再現性が高い（ヒステリシスが少ない）。また、水晶によれば、ダイヤフラムとしての薄肉部10aの肉厚を厳密に管理することが容易であり、個片毎に薄肉部の肉厚差のない均一板厚のダイヤフラムを得ることができる。

請求項2の発明では、誘電体膜を用いずに本発明の圧力センサを構成することができる。この場合には、検出片を構成する水晶の薄肉部が誘電体膜とダイヤフラムを兼ねることとなる。

請求項3の発明では、気密空間は、薄肉部と底板との間に形成される微小ギャップであるが、この気密空間は検出片下面に形成した凹陷部、或いは底板に形成した凹所によって形成することができる。

請求項6の発明では、底板を導体にて構成することにより、下部電極膜を省略することができる。

請求項7の発明では、検出片の一方の主面が平坦面で、他方の主面が非平坦面である場合、平坦面側を底板上面と対向させることにより気密空間を形成することができる。

請求項8の発明では、水晶材料の加工において、エッティングによって肉厚を微細にコントロールすることが可能である。

請求項9の発明では、使用材料のみならず、結晶軸までも一致させることにより温度変化に対する特性を厳密に一致させることが可能となる。

請求項10の発明では、水晶式圧力センサは、タッチモード容量型圧力センサである。シリコン等の半導体材料に比して、水晶は、肉厚の加工精度が極めて高く、所望の肉厚を有した検出片の製造が可能である。このため、薄肉部の厚さ精度が高くする必要性のあるタッチモード容量型圧力センサにおいて水晶材料は優れた利便を提供する。

請求項11の発明では、タッチモード容量型圧力センサにおいて、非測定時に薄肉部が底板側から離間している場合には、初期の測定状態にばらつきが発生するが、当初から接触させていれば、測定当初から安定した精度で測定することができる。

##### 【0009】

請求項12の発明では、気密空間内に空気が存在しない真空状態の方が、熱による気体の膨張などによる悪影響を解消できる。

請求項13の発明では、薄肉部の固有の振動周波数に基づいて、その肉厚を正確に測定することができるので、加工精度を向上し、歩留まりを高めることができる。

請求項14の発明では、請求項7に記載された水晶材料の例として、厚味すべり振動モード、或いは厚味縦モードを有する水晶材料を例示することができる。

請求項15の発明では、ATカット水晶板は、ウエットエッティング等により加工した場合に、可動部に厚味差が生じるが、薄肉部の厚味を周波数換算することにより制御するので便利である。

請求項16の発明では、薄肉部の厚さを周波数換算して確認する工程を備えたので、薄

肉部の厚味を精度よく制御できる。

請求項17の発明は、請求項10乃至12において、検出片を構成する水晶板として、水晶板面の法線が水晶結晶Z軸方向にはほぼ一致するカットアングルの水晶板を使用するので、加工が容易となる。

**【発明を実施するための最良の形態】**

**【0010】**

以下、本発明を図面に示した実施の形態により詳細に説明する。

図1(a)及び(b)は本発明の一実施形態に係るタッチモード容量型圧力センサの全体構成を示す縦断面図、及びそのA-A断面図である。

このタッチモード容量型圧力センサ(以下、圧力センサ、或いはタッチモード式圧力センサという)1は、セラミック等の絶縁体から成る容器20内に収容された構成を備えている。セラミック容器20は、底板21と、底板21の周縁から立ち上がった4つの側壁22と、側壁22によって形成される上部開口に固定され且つ通気孔23aを備えた上蓋23と、から概略構成されている。

但し、側壁22、及び上蓋23は必須ではなく、底板21上に検出片10等を組み付けた構造であっても、十分に実用に供し得る。

このようにセラミック容器20内に収容された状態の圧力センサ1は、自動車等の車両のタイヤ内の適所にトランスポンダーに組み付けられた状態で固定配置されて使用される。トランスポンダーは、アンテナコイルを備え、車両側のアンテナから出力された電磁波によってアンテナコイルに誘起される電流によって圧力センサを作動させ、測定された圧力情報を電磁波として車両側へ出力する。タイヤ内の空気圧は、上蓋23の開口23aを介して容器20内の圧力センサ1の薄肉部10aに加わり、基準圧として例えば大気圧に設定された気密空間S内の圧力を越えた圧力が加わった場合に薄肉部10aを撓み変形させる。

この圧力センサ1は、セラミック容器20の底板(絶縁板)21の面上に下部電極膜2を介して密着積層された誘電体膜3と、薄肉部10a、該薄肉部10aを包囲する厚肉部10bを備えた検出片10と、検出片10の薄肉部10a下面から厚肉部10bにかけて形成された上部電極膜11と、を備え、検出片10の厚肉部下面を上部電極膜11を介して絶縁体21面上に密着固定することにより薄肉部10aに相当する凹陥部10Aを気密空間Sとしている。

底板21と、下部電極膜2と、誘電体膜3とは、ベース板を構成している。

本発明の圧力センサ1の特徴的な構成は、検出片10を水晶等の圧電材料、特に、厚味すべり振動モード、或いは厚味縦モードを有する圧電材料板、例えばATカット水晶板から構成した点にある。

この実施形態では、気密空間Sを形成するために、薄肉部10aに相当する検出片10の下面を凹陥部10Aとしているが、後述するようにこれは一例であり、要するに誘電体膜3と薄肉部10a下面の上部電極膜11との間に微小ギャップ(3μm程度)を形成して気密空間とすれば、どのような構成であっても差し支えない。

**【0011】**

この実施形態では、セラミック等の絶縁板21の上面に設けた下部電極膜2から容器外へ引き出し電極2aを延長形成する一方で、検出片10の下面に形成した上部電極11からも容器外へ引き出し電極11aを延長形成する。両引き出し電極2a、11aから通電し、気密空間及び誘電体膜3を介して対向配置された上下電極膜11、2間の容量値の変化にもとづいて外部の圧力を算出することが可能となる。

即ち、コンデンサの容量値Cは、次式

$C = \epsilon \cdot (S/d)$  ( $\epsilon$  : 誘電率、S : 電極の面積、d : 電極の間隔)  
で表される。

つまり、電極膜2、11間の間隔dを狭く(広く)設定すると、容量値Cが大きく(小さく)なる。一方、対向する2つの電極膜の対向面積を大きくすると、容量値Cが大きく(小さく)なるという性質を有する。

上記のごとき構成を備えたタッチモード式圧力センサ1を容器20内に組み込んだ状態で大気中に配置すると、気密空間S内は大気圧と同様の気圧に設定されている。外部の気圧が気密空間S内の気圧と同じ場合には、図2(a)に示すように、気密空間内の気圧は外気と釣合っているためダイヤフラムとしての薄肉部10aは変形しない。一方、外部の気圧が気密空間内気圧よりも高くなった場合には、図2(b)に示すように薄肉部10aは変形して誘電体膜3に近接する。図2(c)(d)は、外部圧力の多寡に応じて、薄肉部10aと誘電体膜3との接触面積Sが変化する状態を示しており、(c)に示した接触面積S1の時と、(d)に示した接触面積S2の時( $S_1 < S_2$ )の容量値C1、C2とを比較すると、

接触面積がS1の場合には、 $C_1 = \epsilon \cdot (S_1 / d)$  となり、

接触面積がS2の場合には、 $C_2 = \epsilon \cdot (S_2 / d)$  となる。

このように外部圧力が、気密空間Sの圧力(大気圧)よりも大きくなると、薄肉部10a(ダイヤフラム)が変形し、上部電極膜11が誘電体膜3と接触するので、このときの上部電極膜11と誘電体膜3との接触面積の変化を容量値として検出して圧力をセンシングすることが可能となる。

なお、図1、図2に示した圧力センサ1は、底板21として絶縁板としてのセラミックを用いたが、絶縁板としてはセラミック以外にも、ガラス、水晶、その他あらゆる材料を用いることができる。底板21として水晶材料を用いた場合には、検出片10を構成する水晶材料と熱膨張係数が一致するため、熱歪みによる悪影響を無くする利点がある。そして、このような底板21とダイヤフラムとを有する圧力センサ1をセラミック等からなるパッケージ内に収納してもよい。

また、底板21として絶縁材料に代えて、金属等の導電材料を用いることもできる。この場合には、底板上に下部電極膜2を形成せずに、導電体としての底板21自体を下部電極として利用することができる。

### 【0012】

次に、図3は本発明の圧力センサの変形実施形態を示す断面図であり、この実施形態では、底板21として0.25mm程度の肉厚の水晶板を用い、この水晶製底板21の上面に設けた凹所5を覆うように、水晶製の検出片10を底板上面にエポキシ接着剤等の接着剤6によってシーリングして密着固定している。従って、凹所5内は深さ3μm程度の気密空間Sとなっている。凹所5の内壁を含む底板21面にはCu-A1等から成る下部電極膜2を形成し、下部電極膜2の一端部に導電性接着剤7を塗布して電気端子としている。また、上部電極膜11の一端寄りにも導電性接着剤12を塗布して電気端子とする。

なお、この実施形態では、水晶板である検出片10の上面にのみ凹陷部10Aを形成して下面を平坦面として5μm程度の薄肉の薄肉部10aを形成し、薄肉部10aの外周を厚肉部10bにて支持している。検出片10の上面には、Cu-A1等から成る上部電極膜11を成膜している。この実施形態では、誘電体膜を格別に設けておらず、水晶から成る薄肉部をダイヤフラムとして利用すると同時に誘電体膜としても兼用している点が特徴的である。即ち、外部気圧が気密空間S内の気圧を上回った場合に、薄肉部10aが下方に撓んでその平坦な下面が下部電極膜2に接触したときの薄肉部下面と下部電極膜2との接触面積の変化を容量値として検出して外部圧力をセンシングすることが可能となる。

上記実施形態では、底板21の面上に凹所5を形成し、検出片10の下面を平坦面としたが、これとは逆に底板21の面上を平坦面とし、対向する検出片10の下面に凹陷部を形成してもよい。

なお、上記実施形態では、格別の誘電体膜を配置せずに、薄肉部を構成する水晶板を誘電体として利用したが、凹所5内の下部電極膜2上に水晶以外の誘電体材料から成る格別の誘電体膜を配置し、常に於いては薄肉部下面と誘電体膜との間が非接触となるように構成した圧力センサとしてもよい。

### 【0013】

図4は図3の実施形態に係るタッチモード容量型圧力センサの特性を示すグラフであり、縦軸には測定された容量値(pF)を示し、横軸には各容量値に対応した外部圧力を示

している。この表からも明らかのように本実施形態によれば高い感度で外部圧力を測定できる。

#### 【0014】

次に、図5は本発明の他の実施形態に係るタッチモード容量型圧力センサの断面図であり、この圧力センサ1は、セラミック、ガラス、水晶等の絶縁材料から成る厚さ0.25mm程度の底板21の上面に形成した凹所5（深さ3μm程度）を塞ぐように、上面に凹陥部を有し且つ下面が平坦な水晶製の検出片10を配置して接着剤6により気密封止した構成を備える。検出片10は、上面に凹陥部を有し、凹陥部底部を薄肉部10aとした構成を備えている。薄肉部10aの底面には、上部電極膜11が形成され、この上部電極膜11は底板21上に設けた他の電極膜8（下部電極膜2とは電気的に隔離）と電気的に接続されている。底板21の上面から凹所5の内壁及び内底面にかけて下部電極膜2が成膜され、凹所内底面の下部電極膜上にはSiO<sub>2</sub>等の誘電体膜3（厚さ2000～5000Å）が検出片の下面と非接触状態で配置されている。従って、検出片10の下面の上部電極11と誘電体は気密空所S内の誘電体膜3と所定のギャップを隔てて対向している。更に、誘電体膜2の下方には下部電極膜2が位置している。

以上の構成に於いて、外部気圧が気密空間S内の気圧を上回った場合に、薄肉部10aが下方に撓んで上部電極11の下面が誘電体膜3に接触したときの上部電極11と誘電体膜3との接触面積の変化を容量値として検出して外部圧力をセンシングすることが可能となる。

#### 【0015】

上記した本発明の各実施形態に共通する構成上の特徴は、検出片10の材料としてシリコンに代えて、水晶を使用した点にあり、本発明の優位性は次の点にある。

まず、水晶は、シリコンに比べて物性的に安定した素材であり、経年変化が少なく、機械変形による再現性が高い（ヒステリシスが少ない）。

次に、水晶によれば、ダイヤフラムとしての薄肉部10aの肉厚を厳密に管理することが容易である。即ち、薄肉部を目標肉厚に加工するためには、まず水晶板に対するエッティングによって薄肉部10aを形成した後で、薄肉部10aに通電して薄肉部の厚味に基づく固有周波数を測定することにより目標周波数（目標肉厚）と比較する。目標周波数と一致しない場合には、目標周波数に達するまで微調エッティングを行う。その結果、個片毎に薄肉部の肉厚差のない均一板厚のダイヤフラムを得ることができる。

要するに、特に高い寸法精度が必要なタッチモード容量型圧力センサの検出片に使用する材料としては、薄肉部の厚味制御の容易性、加工性の点からして、水晶が最も適しているということができる。因みに、シリコン等の半導体材料から成る検出片における薄肉部の加工方法では、一方の表層からボロンをドーピングしたシリコン板を用い、その反対面側からのエッティングによってシリコン部分だけを除去してボロンドーピング層を薄肉部として残す工程が実施される。しかし、ボロンをドーピングする際にドーピング層の層厚を正確に制御することが不可能であるため、エッティング後に残留するボロンドーピング層の膜厚にはばらつきが生じる。これに対して、水晶板を用いる場合には、ドーピングを行なうことなく、エッティングのみで高い精度で薄肉部の厚さを制御できるので、水晶板はタッチモード式圧力センサに最適の素材であると言えることができる。

なお、水晶等の圧電材料の薄肉部10aの肉厚を微調整するためにその固有周波数を測定する技術は、例えば特開平06-021740号公報に開示されているように、本出願人による超薄板圧電振動子の加工技術として周知であり、この技術をそのまま応用することができる。

#### 【0016】

次に、検出片10を、板厚によって共振周波数を制御することができるカットアングルを有した水晶材料から構成した場合には、加工時に薄肉部の共振周波数に基づいて薄肉部の肉厚を正確に測定することが可能となる。即ち、従来は薄肉部の肉厚を、光学測定、或いは測量方法にて行っていたため、誤差が大きく製品の特性にばらつきが発生していたが、板厚によって共振周波数を制御できる特性を利用することにより肉厚を周波数換算によ

り確認しながら制御することが可能となり、正確性を期することが可能となる。

例えば、検出片10を、厚味すべり振動モードを有する圧電材料板から構成した場合、及び厚味縦モードを有する圧電材料板から構成した場合には、薄肉部の共振周波数に基づいて薄肉部の肉厚を正確に測定することが可能となる。つまり、厚味すべり特性、或いは厚味縦モード特性を利用することにより、肉厚を周波数換算することが可能となり、正確性を期することが可能となる。

特に、ウエットエッチング、ドライエッチング等のエッチング法によって薄肉部を加工する場合に、薄肉部の肉厚を周波数換算する測定方法を利用することにより、所望の薄い肉厚を有した薄肉部を形成することが可能となる。即ち、厚味すべり特性を有した圧電材料を使用して検出片を製造する場合には、薄肉部10aの厚さを周波数換算して確認する工程を実施することが、加工精度の向上による歩留まり改善を実現する上で好ましい。

#### 【0017】

厚味すべり振動モード、或いは厚味縦モードを有する圧電材料板のように、板厚によって共振周波数を制御することができるカットアングルである水晶材料から構成した場合には、どのような圧電材料であっても適用することができるが、代表的な一例として、ATカット水晶板を例示することができる。

また、検出片10と底板21とを同一種類の圧電結晶材料から構成し、検出片と底板の結晶軸を一致させるように底板上に検出片を接合することにより、単に同質材料を用いるとした場合よりも、両者の熱膨張特性を厳密に一致させることができ、圧力センサの性能を安定させることができる。

なお、本発明の圧力センサは、底板上の誘電体膜と検出片の薄肉部との接触面積に基づいて圧力を測定するタッチモード式圧力センサのみならず、タッチモード以外のギャップ式圧力センサ（ダイヤフラムと底板との間隔を基に静電容量を制御するもの）に適用することも可能である。即ち、厚味滑りモードを有する圧電材料にて検出片を形成する場合には、薄肉部10aの厚さを高精度に設定することができるため、タッチモード式圧力センサに適用することにより、固体間での電気的・機械的特性のばらつきを抑えることが可能となるが、厚味すべりモードを有する圧電材料にてギャップ式圧力センサの検出片を製造した場合にも、固体間での電気的・機械的特性のばらつきを抑えることができる。

#### 【0018】

上記実施形態では、気密空間S内を大気圧に設定することにより非測定時に検出片の薄肉部10aが誘電体膜等と非接触となる例を示したが、非測定時に、検出片の薄肉部10a（上部電極膜11）が、誘電体膜3、上部電極膜2、或いは底板21面上に接触した状態となるように初期状態を設定してもよい。即ち、この場合には、気密空間S内の気圧を大気圧よりも低い気圧状態、例えば真空の状態とすることにより、圧力センサを大気圧中に配置した非測定時に、薄肉部10aを誘電体膜3、上部電極膜2、或いは底板21上に接触させた状態とすることができる。

即ち、気密空間S内を大気圧に保持した場合には、空間内部の気体が周囲温度の変化によって膨張収縮を起こすため、薄肉部10aの初期位置がばらつきを起こす。このため、正確な測定が困難となる。気密空間S内を真空（大気圧よりも減圧した状態を広く含む）とした場合には、周囲温度の変化によって気密空間Sの膨張収縮が生じないので、ダイヤフラムは測定気圧の変化によってのみ動作し、特にタッチモードセンサであれば、外気圧によって薄肉部10aは常に底板側に変形した状態となり、誘電体膜3、或いは底板21上面と接触した状態を初期状態として維持することとなる。このように気密空間内を真空とすることにより、基準気圧値が絶対ゼロ気圧であるため、外気温度の変化によってそれが生じる余地が無くなり、感度、精度が安定する。また、薄肉部10aが底板側にタッチした状態で圧力測定がスタートするため、直線性に優れた感度の良い測定が可能となる。つまり、初期状態において薄肉部が底板から離している場合には、外部圧力の変化によって薄肉部が底板側にタッチするまでの検出精度が悪くなる一方で、タッチした状態からスタートするようにすれば、そのような不具合が解消される。

#### 【0019】

これを更に詳述すると、上述の如く、コンデンサの容量値Cは、  
 $C = \epsilon \cdot (S/d)$  ( $\epsilon$  : 誘電率、 S : 電極の面積、 d : 電極の間隔)  
 で表される。

タッチモード式圧力センサにおいては、例えば、大気圧以上の圧力を測定する場合には、基準圧力室としての気密空間S内を真空状態とすることにより、検出片の薄肉部を底板上面に近接又は接触させることができあり、その結果、低圧状態から高圧状態に亘って直線性に優れたセンサ感度特性を得ることが可能となる。つまり、電極間の間隔dが比較的大きい場合、圧力センサは、低圧状態では電極の間隔dの変化に対する容量値Cを検出し、その後、高圧状態となり薄肉部が底板面に接触し始める時期になると、電極の面積S(接触面積)の変化量に対する容量値Cを検出するように動作する。

この場合、電極の間隔dの変化に対する容量値Cの変化量が、電極面積Sの変化に対する容量値Cの変化量(単位圧力変化に対する容量値変化)と比較して小さい為、圧力変化に対する容量変化特性(センサ感度特性)が直線的でなくなる場合がある。従って、低圧状態から高圧状態に亘って直線性に優れたセンサ感度特性を得る場合には、気密空間Sを真空状態とすることで薄肉部を底板側へ撓ませて、上部電極膜と下部電極膜とを常に接触、又は近接状態となるように構成する必要がある。

#### 【0020】

次に、検出片10を構成する材料として、比較的高い靱性を有する六方結晶構造体を備えた水晶材料を使用することも有効であろう。即ち、六方結晶構造を有する水晶板は、優れた靱性を有するため、振動体としても使用されており、検出片の特定部分(薄肉部)に応力が集中するタッチモード式圧力センサに適用するのに適した材料であろう。

また、透明体としての水晶によって検出片を構成すれば、光学的に薄肉部の厚さを高精度に測定することが可能となる。

一方、例えば、異方性を有したATカット水晶板をウエットエッティングにより加工することによって薄肉部10aを有した検出片10を製造する場合、図6(a)に示すように薄肉部10aの肉厚に厚味差が生じる。薄肉部10aにおける厚味差は、薄肉部厚さの平均値に換算される為、薄肉部の最も薄い部分10a'よりも厚くなってしまう。従って、薄肉部10を可能な限り薄く加工する必要がある場合であっても、エッティング加工の限界値まで加工することは不可能である。

これに対して、Z軸水晶板(水晶板の正面の法線が水晶結晶軸Zの方向にあるもの)をウエットエッティングした場合には、エッティング面に対して異方性エッティングによるエッティング速度のばらつきが発生しにくく、図6(b)に示すように薄肉部10aの肉厚を均一に、且つ機械的強度を保ちつつエッティング加工の限界値まで薄くすることが可能であるから、特にタッチモード式圧力センサへの適用に有効である。

尚、Z水晶板は、厚味を周波数換算できるような振動特性がないので、厚味の確認方法としては、水晶板が透明であるという特徴を活かして光学的な測量を適用すればよい。

なお、本発明を凹形状のダイヤフラムを用いて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、平板形状のダイヤフラムを用いても良い。

なお、本発明の圧力センサは、タイヤ等の閉空間内の気体の圧力変化を測定する以外にも、流体一般の圧力測定に適用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0021】

【図1】(a)及び(b)は本発明の一実施形態に係るタッチモード容量型圧力センサの全体構成を示す縦断面図、及びそのA-A断面図。

【図2】(a)乃至(d)は図1の圧力センサの動作説明図。

【図3】本発明の他の実施形態に係る圧力センサの構成を示す断面図。

【図4】図3の圧力センサの特性を示す図。

【図5】本発明の他の実施形態に係る圧力センサの構成を示す断面図。

【図6】(a)は異方性を有した水晶材料から成る検出片の断面図、(b)は本発明の実施形態に係る検出片の断面図。

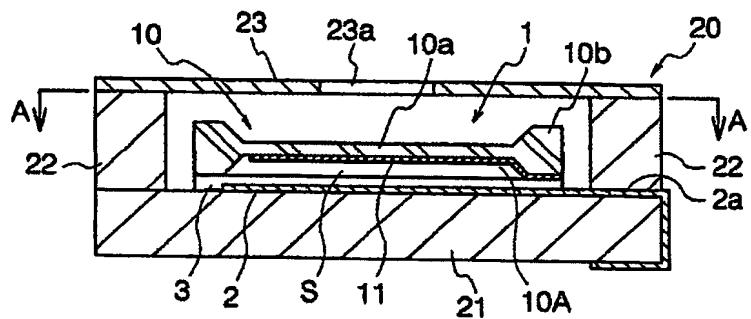
【図7】従来例の説明図。  
【符号の説明】

## 【0022】

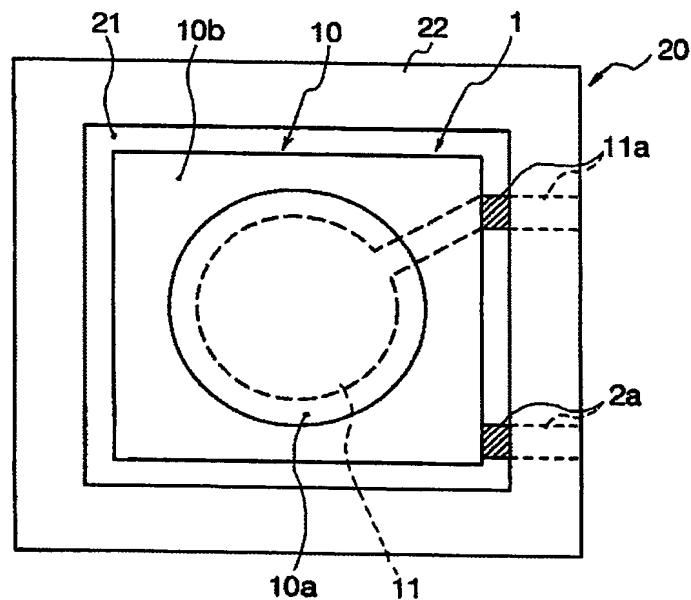
1 タッチモード容量型圧力センサ（圧力センサ）、2 下部電極膜、3 誘電体膜、  
5 凹所、6 粘着剤、10 検出片、10a 薄肉部、10b 厚肉部、10A 凹陷  
部、11 上部電極膜、20 容器、21 底板、22 側壁、23 上蓋。

【書類名】 図面  
【図1】

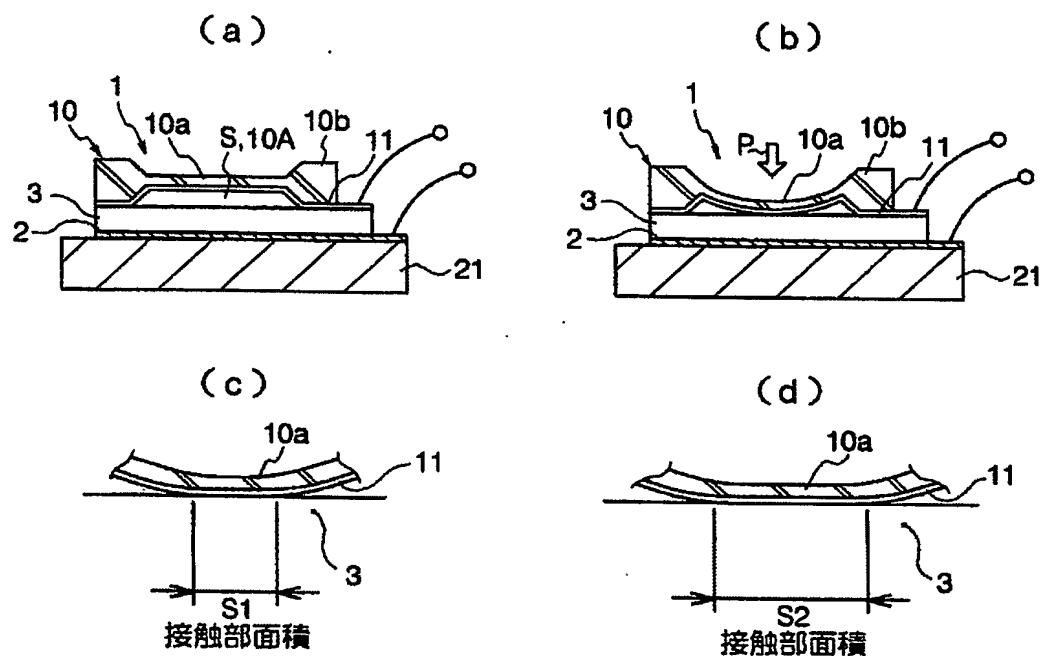
(a)



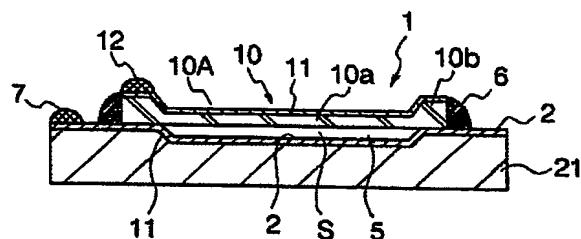
(b)



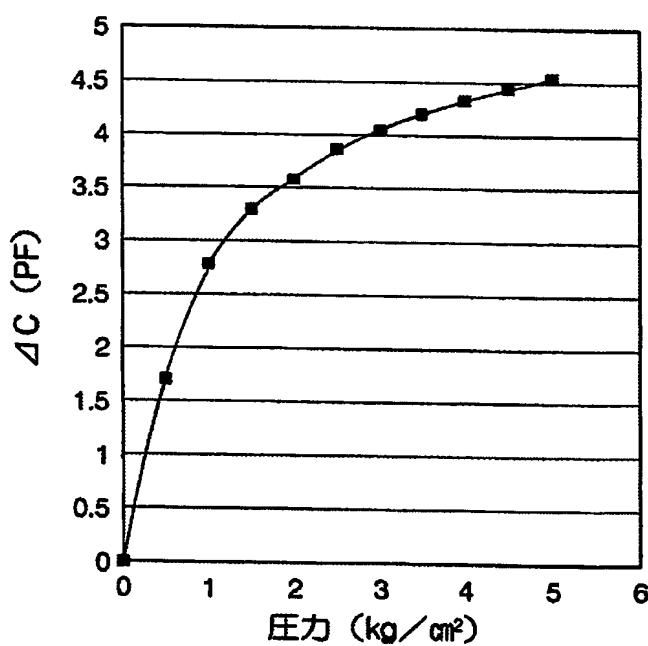
【図2】



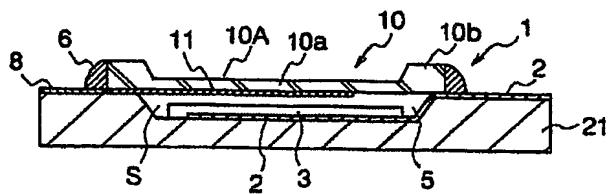
【図3】



【図4】

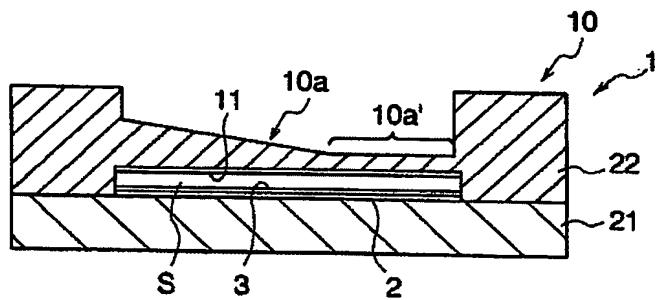


【図5】

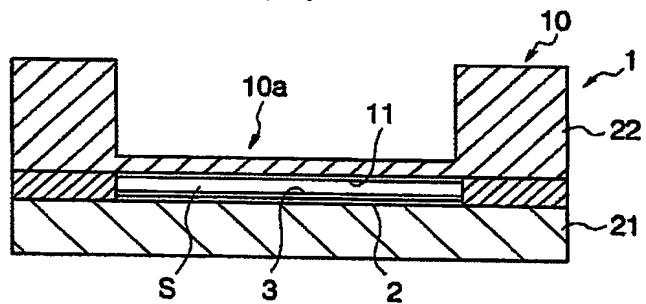


【図6】

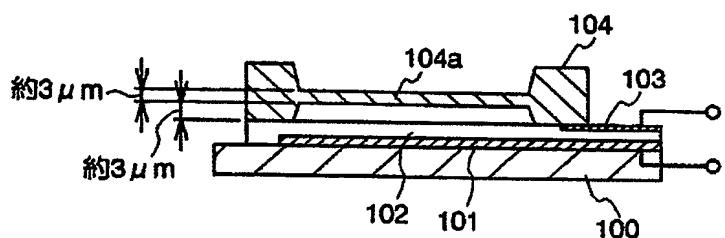
(a)



(b)



【図7】



**【書類名】要約書****【要約】**

**【課題】** タッチモード容量型圧力センサにおいて、水晶を圧力センサの検出片として利用することにより、シリコン製の検出片を用いた圧力センサの欠点であったエッティング精度が低いことによるダイヤフラムの厚みコントロールの困難化、それによる検出精度の低下、及び弾性変形における繰り返し再現性の悪さ、を夫々解消することができる水晶式圧力センサを提供する。

**【解決手段】** 絶縁材料から成る底板と、該底板の面上に順次積層された下部電極膜及び誘電体膜と、該誘電体膜と対向する位置に薄肉部を備えるとともに底板の面上に固定された検出片と、該薄肉部の少なくとも一部に形成され且つ下部電極膜と対向する位置関係にある上部電極膜と、を備え、該検出片の下面と該誘電体膜との間に微小ギャップの気密空間を備えた圧力センサにおいて、前記検出片は、水晶材料から成ることを特徴とする。

**【選択図】 図1**

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2004-152063
受付番号	50400852547
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成16年 5月26日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】 平成16年 5月21日

特願 2004-152063

出願人履歴情報

識別番号 [000003104]

1. 変更年月日 2002年 6月28日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市幸区塚越三丁目484番地  
氏 名 東洋通信機株式会社